10.22092/sppi.2022.356262.1254

"مجله نهال و بذر"
جلد ۳۷، شماره ۴، سال ۱۴۰۰

مقاله پژوهشی

مقایسه باردهی و کارآئی عملکرد ارقام تجاری گلابی روی پایه نیمه‌پاکوتاه کننده پیرودوارف (Pyrodwarf)

Comparison of Bearing and Yield Efficiency of Commercial Pear Cultivars on Pyrodwarf Semi-dwarfing Rootstock

حمید عبداللهی

دانشیار، پژوهشکده میوه‌های معتدله و سردسیری، موسسه تحقیقات علوم باغبانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۹/۱۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۱/۱۰

چکیده

عبداللهی، ح. ۱۴۰۰. مقایسه باردهی و کارآئی عملکرد ارقام تجاری گلابی روی پایه نیمه‌پاکوتاه کننده پیرودوارف (Pyrodwarf). **مجله نهال و بذر ۳۷:** ۴۲۳-۳۹۹.

علی‌رغم توسعه کاربرد پایه نیمه پاکوتاه‌کننده گلابی پیرودوارف (Pyrodwarf) در ایران، باردهی نهائی و کارآئی ارقام تجاری مختلف گلابی روی این پایه تاکنون مورد بررسی و تحلیل دقیق قرار نگرفته است. بنابراین در این پژوهش عملکرد میوه، پتانسیل باردهی و کارآئی عملکرد چهار رقم تجاری گلابی شامل ارقام لوئیزبون، اسپادونا، درگزی و بیروت روی پایه نیمه پاکوتاه کننده پیرودوارف در چهار سال (۱۳۹۶ تا ۱۳۹۹)، در مرحله تولید تجاری و باردهی کامل باغ، مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که صفات رشدی با توجه به قدرت رشد دو رقم درگزی و اسپادونا در این ارقام بیش از رقم لوئیزبون بود. ارتفاع درخت کلیه ارقام در سن هشت سالگی (سال ۱۳۹۹) بین ۲۹۹/۴ تا ۳۵۲/۷ سانتی‌متر بود که نیمه‌پاکوتاه‌کنندگی پایه پیرودوارف را تایید کرد. همچنین بیشترین عملکرد میوه در درخت رقم درگزی و سپس در سطح پایین تری در دو رقم اسپادونا و لوئیزبون مشاهده شد. علی‌رغم افزایش عملکرد میوه، با افزایش سن درختان عملکرد به ازاء سطح مقطع تنه روند یکنواخت کاهشی داشت، به صورتی که این شاخص در سال ۱۳۹۶ در اغلب ارقام بیش از ۰/۲ و در دو سال ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹ به حدود ۰/۰۵ کیلوگرم به ازاء سانتی‌متر مربع سطح مقطع تنه کاهش یافت. وضعیت مشابهی در رابطه با تعداد میوه و عملکرد میوه به ازاء واحد حجم تاج درخت مشاهده شد. بر این اساس، با وجود اینکه رقم لوئیزبون بالاترین عملکرد میوه به ازاء واحد حجم تاج را داشت، لازم است استفاده از فرم‌های تربیت با کارآئی عملکرد بالاتر و با کاهش نسبت سایه‌انداز درخت در بخش‌های درونی تاج درخت به منظور تولید بیشتر روی این پایه مورد ارزیابی قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: گلابی، باردهی اقتصادی، حجم تاج درخت، لوئیزبون، درگزی، باغ تجاری.

نگارنده مسئول: h.abdollahi@areeo.ac.ir تلفن: ۰۲۶۳۶۷۰۲۵۴۱

مقدمه

درخت گلابی معمولی از گونه *Pyrus communis* L. بوده و پس از سیب مهم‌ترین میوه‌دانه‌دار در ایران و سایر کشورهای تولیدکننده میوه‌های مناطق معتدله است (Abdollahi, 2010). کاشت گلابی در جهان بر اساس آمار سازمان خوار و بار جهانی در سال ۲۰۱۹ میلادی در سطح حدود ۱/۴ میلیون هکتار و تولید میوه این محصول نزدیک به ۲۴ میلیون تن بود (FAO, 2019). بر اساس این آمار، میانگین عملکرد میوه باغ‌های گلابی در جهان حدود ۱۷/۱ تن در هکتار بوده که روند افزایشی تولید به ویژه در کشور چین طی یک دهه گذشته مشاهده شده است.

سطح زیر کشت گلابی در ایران در سال ۱۳۹۸ اندکی بیشتر از ۱۹ هزار هکتار بود که از این سطح حدود سه هزار هکتار آن باغ‌های تازه احداث و غیربارده و مابقی باغ‌های بارده با میانگین عملکرد حدود ۱۳ تن در هکتار برآورد شده است (Anonymous, 2019). مقایسه این آمار با اطلاعات قبلی کشت و پرورش گلابی در کشور حاکی از افزایش قابل توجه کشت سالانه گلابی در یک دهه گذشته است و همچنین نشان دهنده افزایش نسبی عملکرد میوه در واحد سطح باغ‌های این محصول در طول سنوات اخیر می باشد (Anonymous, 2019).

این افزایش سطح تولید گلابی به دلیل معرفی و ارائه ارقام جدید و پرمحصول متحمل و یا مقاوم به بیماری آتشک (Davoodee *et al*., 2005; Abdollahi, 2010; Erfani *et al*., 2012;)، گزینش اولیه و ارائه سیستم‌های کشت نیمه‌متراکم گلابی (Abdollahi *et al*., 2012; Abdollahi *et al*., 2018; Abdollahi and Mohammadi Gramaroudi, 2019)، و در نهایت انتخاب ارقام گرده‌زای مناسب (Zeratgar *et al*., 2012; Nikzad Gharehaghaji *et al*., 2014) و در نتیجه بهبود نسبی وضعیت کشت و پرورش آن نسبت به گذشته بوده است. اگرچه در حال حاضر، مشکلاتی نظیر طغیان پسیل (*Cacopsylla pyricola*) در ماه‌های گرم سال (Ardestanirostami *et al*., 2016-2017)، بروز بیماری‌های پوسیدگی طوقه در اثر تماس آب با تنه (Abdollahi, 2010) و ظهور علائمی شبیه به کمبود مواد غذائی از جمله آهن و ضعف عمومی درخت، نیز مشکلات گریبانگیر باغ‌های سنتی و همچنین نیمه متراکم گلابی است که با مدیریت به‌باغی تا حد قابل‌توجهی، قابل مهار می‌باشند.

اولین پایه‌های رویشی و پاکوتاه‌کننده تا نیمه‌پاکوتاه‌کننده گلابی وارد شده به کشور شامل پنج پایه کوئینس A، کوئینس B، کوئینس C، کوئینس BA29 و کوئینس Adams بود که تنها پایه کوئینس A به صورت محدودی برای توسعه باغ‌های نیمه‌پاکوتاه گلابی و تا حدی درخت به مورد استفاده قرار گرفتند (Abdollahi, 2010). بررسی تاتاری و همکاران (Tatari *et al*., 2016) نشان داد که

نوع پایه کوئینس بر خصوصیات کیفیت میوه گلابی اثرگذار بود، به طوری که پایه‌های کوئینس A، کوئینس B و کوئینس BA29 علاوه بر القای زودباردهی، سایر ویژگی های کیفیت میوه از جمله زمان رسیدن میوه، یکنواختی، تقارن، اندازه، کیفیت گوشت میوه و بازارپسندی میوه را نیز تحت تاثیر قرار داد.

حداد و همکاران (Hadad *et al*., 2015) نشان دادند که ارقام بومی شاه میوه روی دو پایه کوئینس C و کوئینس BA29 کمترین رشد را داشت در حالی که پایه کوئینس BA29 در گروه پایه‌های نیمه‌پاکوتاه طبقه‌بندی می‌شود (Tukey, 1964). همچنین در بررسی قاسمی و همکاران (Ghasemi *et al*., 2011)، بالاترین میزان تحمل به میزان بی‌کربنات در آب آبیاری در دو پایه کوئینس A و کوئینس BA29 مشاهده شد.

عبداللهی و همکاران (Abdollahi *et al*., 2012, Abdollahi *et al*., 2018) با مقایسه پایه کوئینس A، پایه ولیک گونه *Crataegus atrosanguinea* و پایه بذری گلابی نشان دادند که پایه ولیک بسیار پاکوتاه‌کننده بود و بجز در رقم اسپادونا در سایر ارقام منجر به ایجاد پاکوتاهی بیش از حد شد. همچنین پایه کوئینس A با ارقام درگزی و اسپادونا در خاک نسبتاً آهکی منطقه مورد آزمایش سازگار و بسیار پرمحصول گزارش شد. این در حالی است که بر اساس بررسی‌های میدانی، رقم اصلی تجاری گلابی ایران یعنی رقم لوئیزبون در مناطق خشک و نیمه خشک روی پایه کوئینس A فاقد رشد کافی بود و ناسازگار نشان داده است. بر خلاف این مشاهدات، ترکیب پیوندی فوق در مناطق معتدل استان‌های مازندران و گلستان سازگار و بسیار پر بار بود (Abdollahi, 2010).

گروه دیگر پایه‌های وارداتی گلابی شامل شماری از پایه‌های رویشی گروه الدهم × فارمینگدال (OH×F) از جمله OH×F40، OH×F69، OH×F87 و OH×F333 بوده که همراه با پایه پیرودوارف (Pyrodwarf) در دهه ۹۰ خورشیدی وارد کشور شد (Abdollahi, 2010) و به دلیل سخت ریشه‌زائی (Campbell, 2003) تکثیر آنها در شرایط درون شیشه مورد بررسی قرار گرفت (Khodaee Chegeene *et al*., 2011; Nourmohammadi *et al*., 2015). ارزیابی مقاومت به بیماری آتشک (Fire blight) با عامل باکتریائی *Erwinia amylovora* روی این پایه‌ها بیانگر طیف قابل توجه مقاومت در آنها نسبت به بیماری بود و پایه پیرودوارف تحمل نسبتاً مطلوبی به آتشک نشان داد (Azarabadi *et al*., 2014; Azarabadi *et al*., 2016).

میرعبدالباقی (Mirabdulbaghi, 2020) نشان داد که پایه پیرودوارف تعادل جذب بهتری را نسبت به پایه OH×F69 در رابطه با جذب عناصر غذائی میکرو و ماکرو در خاک آهکی نشان داد که با نتایج اسماعیلی و

همکاران (Esmaeili *et al*., 2019) در رابطه با تحمل بالاتر پایه پیرودوارف نسبت به آهک فعال خاک در مقایسه با پایه OH×F69 مطابقت داشت. عبداللهی و محمدی گرمارودوی (Abdollahi and Mohammadi Gramaroudi, 2019) بیان کردند که پایه پیرودوارف در سال‌های ابتدای استقرار در باغ پتانسیل القای زودباردهی در ارقام گلابی و به‌ویژه رقم درگزی داشت. علاوه بر پایه‌های رویشی فوق، با هدف مقاومت به خشکی، پایه بذری گونه *Pyrus betulifolia* Bunge. توسط منصوریار و همکاران (Mansuryar *et al*., 2016; Mansuryar *et al*., 2017a; Mansuryar *et al*., 2017b) تکثیر و مورد ارزیابی قرار گرفت. با وجود گزارش تحمل به خشکی بالا در این گونه توسط بل (Bell, 1991)، ظهوری و همکاران (Zohuri *et al*., 2020)، رشد و تحمل بالاتری در شرایط تنش کسر آبیاری در پایه پیرودوارف گزارش کردند.

علاوه بر خصوصیات مطلوب تحمل نسبی به تنش‌های زنده و غیرزنده گزارش شده در رابطه با پایه پیرودوارف، لازم است این پایه با ارقام تجاری سازگار و از پتانسیل باردهی و کارآئی عملکرد مطلوبی در ارتباط با رقم پیوندی برخوردار باشد. بررسی‌ها نشان داده است که ارقام تجاری گلابی روی پایه‌های مختلف همگروه به نظیر کوئینس A و پایه بذری کارآئی عملکرد متفاوتی نشان می‌دهند (Abdollahi *et al*., 2012; Abdollahi *et al*., 2018). در بررسی مساروز و همکارن (Mészáros *et al*., 2019) نیز تفاوت معنی‌داری بین کارآئی عملکرد بین پایه‌های مختلف همگروه سری OH×F در مقایسه با پایه کوئینس BA29 و همچنین ارقام مختلف تجاری پیوند شده روی این پایه‌ها مشاهده شد و بالاترین کارآئی عملکرد به ازاء سطح مقطع تنه روی پایه کوئینس BA29 و با رقم ردبارتلت (Red Bartlett) گزارش شد. در این بررسی نیز، کارآئی عملکرد بالائی روی پایه OH×F87 گزارش شد که نزدیک به کوئینس BA29 بود و از این نظر با گزارش عبداللهی و همکاران (Abdollahi and Hassani, 2021) در رابطه با پایه OH×F87 مطابقت داشت.

ایکینچی و همکاران (Ikinci *et al*., 2014) بالاترین کارآئی عملکرد به سطح مقطع تنه را برای رقم سانتاماریا (Santa Maria) روی پایه کوئینس C و بالاترین میزان عملکرد تجمعی در رابطه با پایه کوئینس BA29 گزارش کردند، این در حالی است که پاسا و همکاران (Pasa *et al*., 2021) بالاترین کارآئی عملکرد و عملکرد تجمعی برای رقم روکا (Rocha) را روی پایه کوئینس BA29 مشاهده کردند که بیانگر رفتار متفاوت ارقام روی پایه‌های مختلف یک گونه می‌باشد.

شواهد قبلی بیانگر برتری پایه پیرودوارف در مقایسه با پایه‌های بذری و شماری از پایه‌های گروه OH×F در ایران بوده و آمار نشان می‌دهد

که پایه اخیر در کمتر از یک دهه به پایه غالب گلابی ایران در سطح نهالستان‌ها و تولیدکنندگان پیشرو تبدیل شده است. علی‌رغم این سرعت گسترش پایه پیرودوارف، اطلاعات در زمینه پتانسیل عملکرد میوه، باردهی نهائی، کارآئی عملکرد و بهترین آرایش کاشت ارقام مختلف تجاری گلابی روی این پایه محدود است. از طرفی، بررسی‌ها نشان می‌دهد که با وجود سازگاری بین پایه پیرودوارف و کلیه ارقام گلابی از نظر سازگاری و تطابق پایه و پیوندک، عملکرد میوه و قابلیت تجاری شدن ارقام گلابی روی این پایه متفاوت و همه ارقام برای احداث باغ تجاری روی پایه پیرودوارف قابل توصیه و ترویج نیستند.

بر این اساس، در پژوهش حاضر عملکرد میوه، پتانسیل باردهی و کارآئی عملکرد چهار رقم تجاری گلابی روی پایه پیرودوارف طی چهار سال، در مرحله تولید تجاری تا باردهی کامل درخت، مورد ارزیابی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی، احداث و نگهداری باغ

پایه‌های مورد استفاده در این پژوهش از نوع پایه پیردوارف (Jacob, 1998) بود که به صورت عاری از ویروس و گواهی شده از ایتالیا وارد و در پژوهشکده میوه‌های معتدله و سردسیری موسسه تحقیقات علوم باغبانی بر اساس روش بهینه‌سازی شده برای تکثیر گلابی روی محیط پایه QL تغییریافته (Abdollahi *et al.*, 2006) تکثیر و پس از انتقال به نهالستان با پیوندک چهار رقم تجاری گلابی مشتمل بر ارقام لوئیزبون، اسپادونا، بیروت (متفاوت از رقم بیروتی) و درگزی پیوند و در زمستان ۱۳۹۱ در ایستگاه تحقیقاتی کمالشهر کرج کشت شده بودند.

به منظور بررسی ارقام از طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار استفاده شد و ارقام روی پایه پیرودوارف با شش درخت در هر کرت آزمایشی و در ردیف های شمالی-جنوبی با فواصل بین ردیف پنج متر و فاصله روی ردیف سه متر مستقر شدند. خاک محل احداث باغ از نوع لوم رسی و نیمه سنگین و در عمق صفر تا ۳۵ و ۳۵ تا ۸۰ سانتی‌متر به ترتیب دارای ۱۲ و ۱۱/۵ درصد آهک فعال بود (جدول ۱) که در گروه خاک‌های نسبتاً آهکی برای احداث باغ گلابی محسوب می‌شود.

با توجه به تعداد درخت و یک ردیف حاشیه از هر طرف، مساحت مورد استفاده برای احداث باغ و ارزیابی‌های بعدی ۱۵۰۰ متر مربع بود. درختان در طی سال‌های متوالی به صورت محور مرکزی تغییر یافته فرمدهی شدند. مراقبت مدیریت های باغی شامل آبیاری با دور ۷ تا ۱۰ روز یکبار از اردیبهشت تا پایان مهر و سمپاشی بر علیه شته و کنه حداقل یک مرتبه در سال انجام شد.

جدول ۱- خلاصه ویژگی های فیزیکی و شیمیایی خاک محل احداث باغ آزمایشی ارقام مختلف تجاری گلابی روی پایه نیمه‌پاکوتاه‌کننده پیرودوارف

Table 1. Summary of soil physico-chemical properties of the experimental orchard of different commercial pear cultivars on Pyrodwarf semi dwarf rootstock

عمق خاک (سانتیمتر) Soil depth (cm)	درصد شن Silt (%)	درصد لوم Loam (%)	درصد رس Clay (%)	بافت Texture	درصد اشباع Saturation (%)	هدایت الکتریکی (میلی موس بر سانتیمتر) Electrical Conductivity (mmoh cm^{-1})
0-35	18.20	52.20	29.60	Clay Loam	42.77	1.19
35-80	20.00	48.00	32.00	Clay Loam	38.00	0.69

ادامه جدول ۱-

Table 1.Continued.

عمق خاک (سانتیمتر) Soil depth (cm)	اسیدیته گل اشباع pH	درصد ماده آلی Organic Matter (%)	درصد نیتروژن کل Total N (%)	فسفر قابل جذب (قسمت در میلیون) Available P (ppm)	پتاسیم قابل جذب (قسمت در میلیون) Available K (ppm)	درصد مواد خنثی کننده T.N.V. (%)
0-35	7.8	0.84	0.10	12.1	575	12.00
35-80	8.1	0.30	0.05	2.4	220	11.50

T.N.V.: Total Neutralizing Value.

ارزیابی خصوصیات رشد و باردهی

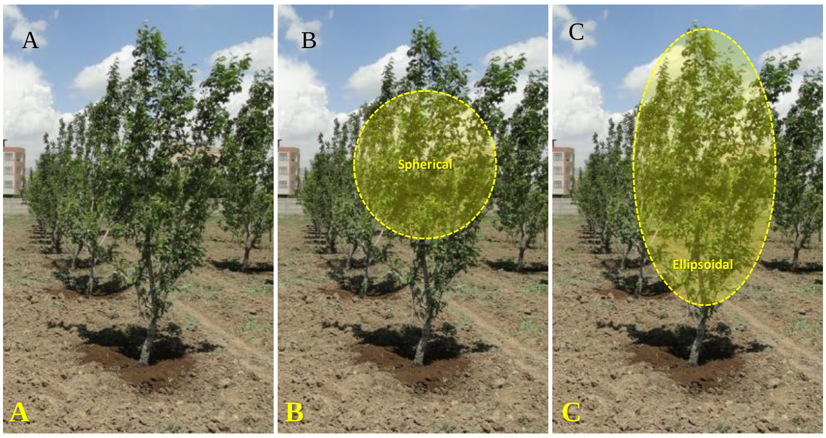
خصوصیات رشدی مورد بررسی شامل قطر پایه در ۱۰ سانتی‌متری پائین محل پیوند و قطر تنه در ۱۰ سانتی‌متری بالای محل پیوند، ارتفاع نهال از سطح زمین، میانگین عرض گسترش تاج در چهار سمت درخت، میانگین رشد سالانه، تعداد میوه در درخت، میانگین وزن میوه و عملکرد میوه (کیلوگرم در درخت) بود. با توجه به لزوم تحلیل عملکرد به ازاء واحد سطح مقطع تنه (Westwood and Roberts, 1970) و همچنین متر مکعب حجم تاج درخت که از شاخص‌های اصلی برای ارزیابی میزان باردهی نسبت به پاکوتاهی درخت می‌باشند (Jackson, 2003)، عملکرد میوه در درخت به واحد سطح مقطع تنه در دو ناحیه پایه (۱۰ سانتی‌متر پائین محل پیوند) و تنه (۱۰ سانتی‌متر بالای محل پیوند) محاسبه و به صورت کارآئی عملکرد (Yield efficiency) مورد بررسی قرار گرفت.

علاوه بر خصوصیات بالا، عملکرد میوه به ازاء حجم تاج درخت به صورت محاسبه حجم تاج و تقسیم عملکرد درخت به حجم تاج به صورت کیلوگرم به ازاء مترمکعب تاج محاسبه شد. برای محاسبه حجم تاج از دو روش ارائه شده در منابع:

روش اول: حجم تاج تک درخت به صورت حجم کره با فرمول $V_c = 4/3 \times \pi R^3$ (Vernière *et al*., 2004) که در آن حجم تاج به

صورت کروی (Rounded) در نظر گرفته شده و R شعاع گسترش تاج می‌باشد، محاسبه شد.

روش دوم: نیز و با توجه به عادت رشد عمودی‌تر گلابی در مقایسه با برخی از درختان میوه از جمله سیب و همچنین وجود عادت رشد کاملاً افراشته در دو رقم درگزی و اسپادونا، از روش توصیه شده توسط وستوود (Westwood, 1993) بر اساس فرمول $Vc = 4/3 \times \pi HR^2$ که در آن تاج درخت به صورت بیضوی (Oval) محاسبه می‌شود، استفاده شد (شکل ۱). بر اساس این روش، H برابر ارتفاع مفید تاج از محل انشعاب اولین بازو تا نوک درخت بوده و R نیز همانند فرمول قبل شعاع گسترش تاج درخت می‌باشد. کلیه ارزیابی‌ها از سال ۱۳۹۶ در حالی که درختان در سن پنجم کشت بودند تا انتهای فصل رشد سال ۱۳۹۹ ادامه یافت. با توجه به زودباردهی ارقام گلابی روی پایه پیرودوارف، درختان از سال پنجم وارد فاز تولید اقتصادی شدند و در سال هفتم و هشتم به ثبات باردهی رسیده بودند.



شکل ۱- مقایسه اندازه گیری حجم تاج تک درخت (A) در دو فرم هندسی کروی بر اساس روش ورنیر و همکاران (Vernière *et al.*, 2004) (B) و بیضوی (Westwood, 1993) (C). فرم هندسی کروی به نحو مطلوب‌تری پوشش دهنده بخش بارده (زایا) درخت و فرم هندسی بیضوی به نحو مطلوب‌تری پوشش دهنده حجم کل تاج درخت است

Fig. 2. Comparison of the single tree canopy volume (A) in two rounded type according to Vernière *et al*., (2004) (B) and oval form according to Westwood (1993) (C). The rounded type covers more appropriately the bearing section and the oval form covers more appropriately the total canopy volume of the tree

داده‌برداری و تجزیه‌های آماری

داده‌برداری‌های خصوصیات رشدی در پائیز هر سال و پس از توقف رشد انجام شد. اندازه‌گیری‌های قطر تنه و پایه با استفاده از کولیس بزرگ مخصوص قطرهای بزرگ انجام شد. شمارش تعداد میوه پس از ریزش‌های

ابتدای فصل و جو درو (June Drop) صورت گرفت. برای اندازه‌گیری میانگین وزن میوه، تعداد ۱۰ عدد میوه از هر درخت و ۶۰ میوه از هر کرت آزمایشی و به تفکیک هر درخت برداشت و مورد بررسی قرار گرفت. پس از تکمیل داده‌ها در هر سال، اطلاعات بدست آمده در نرم افزار اکسل (Microsoft Excel, 2013) وارد و پس از گردآوری داده‌ها، با استفاده از نرم افزار سیگما پلات (Sigma, USA) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. مقایسات میانگین با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال یک درصد انجام شد.

نتایج و بحث

شاخص‌های رشد و اندازه درخت

همانگونه که انتظار می‌رفت با افزایش سن درختان طی سال‌های مورد نظر این پژوهش، صفات رویشی شامل قطر پایه در زیر محل پیوند و بالای محل پیوند، ارتفاع درخت، عرض تاج، سطح مقطع پایه و تنه و همچنین حجم تاج بر اساس هر دو شاخص ارزیابی تاج کروی و بیضوی افزایش معنی‌دار داشت (جدول ۲ و ۳). هیچ یک از درختان و ترکیبات مختلف پیوندی مد نظر در این پژوهش، علی‌رغم وجود میزان متوسطی از آهک در خاک (جدول ۱)، کلروز برگی نشان ندادند (شکل ۱) که با گزارش اسماعیلی و همکاران (Esmaeili *et al*., 2019) مبنی بر تحمل مطلوب پایه پیرودوارف نسبت به سطوح نسبتاً بالای آهک فعال در خاک در مقایسه با پایه بذری و پایه همگروه OH×F69 مطابقت دارد.

مقایسه قطر پایه و تنه در زیر و بالای محل پیوند در سال‌های مختلف پژوهش نشان دهنده همخوانی نسبی این دو قطر بوده و تفاوت غیرطبیعی که می‌تواند یکی از علائم ناسازگاری باشد دیده نشد (جدول ۲). این سازگاری علاوه بر اینکه در کلیه باغ‌های تازه احداث شده گلابی روی پایه پیرودوارف مشاهده می‌شود، به دلیل اینکه این پایه همانند کلیه ارقام تجاری گلابی از جنس *Pyrus* L. می‌باشد (Jacob, 1998) دور از انتظار نیست. زیرا کلیه اعضای این جنس از نظر سازگاری پیوند دارای سازگاری بالائی می‌باشند (Abdollahi, 2010).

افزایش قطر پایه و تنه بین دو سال ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸ بیش‌تر و در سال دوم نسبت به سال قبل بیش از دو برابر شد که می‌تواند علاوه بر تاثیرات مدیریتی باغ، ناشی از باردهی کمتر درختان در سال قبل و افزایش توان درخت در رشد قطری باشد. بر خلاف این صفات، میانگین ارتفاع تجمعی درخت در سال دوم پژوهش افزایش و در سال سوم و چهارم کاهش جزئی نشان داد که این کاهش می‌تواند ناشی از اسپورزائی، گلدهی و درنتیجه باردهی قابل توجه روی محور مرکزی بوده، به صورتی که سنگینی محور مرکزی سبب خم شدگی و کاهش نسبی ارتفاع شد (شکل ۲–A و شکل ۳).

جدول ۲- مقایسه اثر ساده و اثر متقابل سال × رقم بر میانگین صفات رشدی ارقام تجاری گلابی پیوند شده روی پایه پیرودوارف در سال‌های ۹۹ – ۱۳۹۶

Table 2. Comparison of simple and year × cultivar interaction effects on growth characteristics of commercial pear cultivars on the Pyrodwarf rootstock in 2017-2020

	قطر پایه (سانتی متر) Rootstock diameter (cm)	قطر رقم (سانتی متر) Cultivar diameter (cm)	ارتفاع درخت (سانتی متر) Tree height (cm)	رشد سالانه (سانتی متر) Annual growth (cm)	عرض تاج (سانتی متر) Canopy width (cm)	سطح مقطع پایه (سانتی متر مربع) Rootstock cross section area (cm^2)	سطح مقطع تنه (سانتی متر مربع) Trunk cross section area (cm^2)
			Year	سال			
2017	7.9c	7.2c	349.6b	19.1b	120.1c	52.1c	43.5c
2018	8.9c	8.0c	384.7a	21.2b	133.1c	65.3c	53.3c
2019	20.5b	16.5b	354.3b	27.2b	174.3b	347.0b	224.1b
2020	32.1a	25.0a	323.9c	33.3a	215.6a	862.3a	522.1a
			Cultivars	رقم			
Louise Bonne	18.1a	14.4a	315.3c	25.7a	137.5c	361.3a	212.5a
Spadona	18.1a	15.1a	382.2b	27.4a	173.6b	376.0a	246.0a
Dargazi	18.3a	15.3a	412.9a	29.9a	199.6a	352.6a	237.0a
Beyrout	14.8b	11.9b	302.1c	17.8b	132.3c	236.9b	147.4c
			Year × Cultivars	سال × رقم			
2017 × Louise Bonne	8.3a	7.7a	306.5c	18.1b	100.0b	56.9a	49.5a
2017 × Spadona	8.5a	7.7a	384.2b	16.0b	141.4a	61.4a	50.7a
2017 × Dargazi	8.2a	7.5a	423.3a	30.8a	158.3a	54.1a	44.9a
2017 × Beyrout	6.6b	5.9b	284.3c	11.4b	80.6b	36.0a	28.8a
2018 × Louise Bonne	9.3a	8.5a	337.2c	20.2b	110.8b	71.0a	59.9a
2018 × Spadona	9.4a	8.7a	422.6b	17.6b	157.2a	75.1a	63.9a
2018 × Dargazi	9.3a	8.3a	466.1a	34.1a	174.9a	69.9a	54.4a
2018 × Beyrout	7.4b	6.5b	313.0c	12.8b	89.3b	45.1a	34.8a
2019 × Louise Bonne	21.4a	16.6a	318.3b	28.3a	150.0b	379.0a	228.7b
2019 × Spadona	21.3a	17.6a	381.5a	31.2a	184.3a	389.1a	259.0a
2019 × Dargazi	21.7a	17.8a	409.4a	29.5a	213.4a	371.7a	252.0a
2019 × Beyrout	17.5b	13.9b	308.1b	19.9c	149.5b	248.4b	156.7b
2020 × Louise Bonne	33.6a	24.7b	299.4b	36.4b	189.2b	938.2a	512.0b
2020 × Spadona	33.2a	26.6a	340.5a	44.8a	211.5b	978.5a	610.3a
2020 × Dargazi	34.0a	27.4a	352.7a	24.9c	252.0a	914.7a	596.9a
2020 × Beyrout	27.6b	21.3c	303.2b	27.0c	209.8b	618.0b	369.2c

میانگین‌هایی، در هر ستون و برای هر عامل،که دارای حروف مشابه می باشند براساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی دار ندارند.

Means, in each column and for each factor, followed by similar letter are not significantly different at the 1% probability level-using Duncan's Multiple Range Test.



شکل ۲- گلدهی زیاد و متراکم گلابی رقم درگزی روی پایه پیرودوارف در سال ۱۳۹۶ (A)؛ گلدهی متراکم و قابل توجه گلابی رقم اسپادونا روی پایه پیرودوارف در سال ۱۳۹۶ (B)؛ میوه بندی اولیه قابل توجه و انبوه رقم درگزی روی پایه پیرودوارف در سال ۱۳۹۶ (C)

Fig. 2. Abundant and dense blooming of cv. Dargazi on Pyrodwarf rootstock in 2017 (A); Dense and remarkable blooming of cv. Spadona on Pyrodwarf rootstock in 2017 (B); Abundant and considerable primary fruit set of pear cultivar Dargazi on Pyrodwarf rootstock in 2017 (C)

میانگین رشد سالانه، عرض تاج، سطح مقطع پایه و سطح مقطع تنه نیز افزایش نشان داد (جدول ۲). در این رابطه دو صفت ارتفاع درخت در سن هشت سالگی (۳۰۲ سانتی متر برای رقم بیروت و ۳۱۵ سانتی متر برای رقم درگزی) و عرض گسترش تاج با حداقل ۱۳۲/۳ سانتی‌متر در رقم بیروت و حداکثر ۱۹۹/۶ سانتی‌متر در رقم درگزی حاکی از نیمه پاکوتاه‌کنندگی پایه پیرودوارف داشت. به صورتی که با توجه به سن هشت سالگی درخت گلابی به عنوان سن پایداری تقریبی صفت اندازه نهائی درخت، فاصله کاشت ۳×۴ و تراکم ۸۳۳ درخت در هکتار در خاک‌های متوسط و نسبتاً قوی، تراکمی مطلوب برای احداث این سیستم باغ گلابی محسوب می‌شود. نتایج جدول ۲ همچنین بیانگر رشد یکسان قطر پایه و تنه در سه رقم لوئیزبون، درگزی و اسپادونا و قطر کمتر در رقم بیروت و همینطور پائین‌تر بودن شاخص‌های رشدی در رابطه با ارتفاع درخت، رشد سالانه و عرض تاج در رقم لوئیزبون نسبت به دو رقم درگزی و اسپادونا بود.

این نتایج با توجه به پررشد بودن دو رقم درگزی و اسپادونا روی کلیه پایه‌های گلابی از جمله پایه‌های جنس به یا *Cydonia* و جنس گلابی دور از انتظار نیست. همین رشد مطلوب رقم اسپادونا سبب شده است تا روی پایه بسیار پاکوتاه‌کننده ولیک گونه *Crataegus atrosanguinea* که دیگر ارقام گلابی فاقد توان رشد حداقلی بودند، قادر به رشد و باردهی باشد (Abdollahi *et al*., 2012; Abdollahi *et al*., 2018). از سوی دیگر ارتفاع درخت در سنین مختلف (۱۳۹۶ تا ۱۳۹۹) بین حداقل ۲۸۴/۳ سانتی‌متر برای رقم بیروت و حداکثر ۴۶۶/۱ سانتی‌متر

برای رقم درگزی بود که این شاخص در سال هشتم، بر اساس آنچه در قبل اشاره شد، افزایش نشان نداد (جدول ۲).

ارتفاع تقریبی سه متر برای رقم کم‌رشد و پاکوتاه بیروت و حدود ۴/۵ متر برای رقم بسیار پابلند و دارای عادت رشد عمودی درگزی حکایت از نیمه‌پاکوتاه کنندگی پایه پیرودوارف دارد که با اطلاعات ارائه شده توسط کمبل (Campbell, 2003) منطبق است. همچنین بر اساس طبقه‌بندی گرجان برور و آدری استریف (Gerjan Brouwer and Adri Streef, 2017) پایه پیرودوارف ارتفاع حداکثری پنج متر برای درخت گلابی ایجاد می‌کند که با نتایج این بررسی مطابقت دارد، اگرچه داده‌های پژوهش حاضر نشان داد این ارتفاع حداکثری تابعی از قدرت رشد رقم نیز می باشد و می‌تواند تا حدی کمتر و یا بیشتر باشد (جدول ۲).

از سوی دیگر نسبت ارتفاع درخت به عرض گسترش تاج نشان می‌دهد که این شاخص در چهار رقم مورد بررسی: لوئیزبون، اسپادنا، درگزی و بیروت به ترتیب برابر ۲/۳، ۲/۲، ۲/۰ و ۲/۳ بود. اطلاعات (جدول۲) که نشان می‌دهد اگرچه دو رقم درگزی واسپادونا ارقام پررشد و دارای عادت رشد عمودی می‌باشند و در سال‌های اول پس از کاشت و بویژه در رقم درگزی عادت رشد بسیار عمودی مشاهده می‌شود (Abdollahi and Mohammadi Gramaroudi, 2019)، لیکن پس از سال‌های آغازین باردهی نسبت ارتفاع درخت به گسترش تاج تعدیل و حتی نسبت به رقم لوئیزبون و بیروت که دارای عادت رشد گسترده‌تری می‌-باشند، مطلوبتر می‌شود. این امر می‌تواند تا اندازه زیادی تابع باردهی رقم و سنگینی شاخه‌های فرعی و تمایل به باز شدن بازوها در اثر سنگینی بار درخت باشد که در بررسی شاخص‌های باردهی بیشتر مورد بررسی قرار می گیرد.

شاخص‌های عملکردی و کارآئی عملکرد

درختان مورد ارزیابی در کلیه سال‌های پژوهش دارای گلدهی زیاد و متراکمی روی بازوها بودند که این امر در درجه اول ناشی از ماهیت گل‌انگیزی و تحریک گلدهی زودهنگام در سال‌های اولیه پس از کاشت (Abdollahi and Mohammadi Gramaroudi, 2019) و در درجه بعد، از سیستم فرمدهی محور مرکزی تغییریافته درختان و باز کردن بازوها بدون هرگونه سرزنی و کاهش رشد بازوها به این طریق، کاهش غالبیت انتهائی و معطوف کردن رشد رویشی در اسپورها ناشی شد (شکل ۲).

این تحریک گلدهی قابل توجه در همه ارقام در سال چهارم به صورت یکسان دیده شد، به صورتی که در رقم نسبتاً کم‌بارتر اسپادونا نیز در سال ۱۳۹۶ همانند رقم درگزی، گلدهی متراکم و فراوانی روی همه درختان مورد آزمایش مشاهده شد (شکل ۲–A و ۲–B). متعاقب این گلدهی فراوان، میزان تشکیل میوه اولیه روی درختان قابل توجه بود (شکل ۲–C). این گلدهی قابل توجه و تشکیل میوه مقدماتی مطلوب، باردهی نهائی بیش از ۱۰ کیلوگرم میوه

در درخت را در سه سال پژوهش به همراه داشت که سرمازدگی محدودی در بهار سال ۱۳۹۷ منجر به کاهش تشکیل میوه در این سال شد (جدول ۳). به نظر می‌رسد این کاهش باردهی، منجر به بهبود شاخص‌های رشد رویشی در آن سال و همچنین در سال بعد روی درختان شد (جدول ۲). تعداد میوه روی درخت نیز، بجز در سال ۱۳۹۷، افزایش تدریجی داشت و در سال اول از تعداد قابل توجهی برخوردار بود، با این تفاوت که در سال اول پژوهش به دلیل حجم محدود تاج، میوه‌های تولید شده از اندازه کوچکتری برخوردار بودند و این امر منجر به کاهش نسبی عملکرد میوه در درخت نسبت به سال ۱۳۹۹ شد (جدول ۳).

مقایسه شاخص‌های باردهی ارقام گلابی نشان داد که بیشترین عملکرد میوه (۱۲ کیلوگرم در درخت) در رقم درگزی بود که این مقدار عملکرد میوه در درخت، با تفاوت غیر معنی‌داری و در سطح کمتر در دو رقم اسپادونا به مقدار ۱۱ کیلوگرم در درخت و سپس لوئیزبون به مقدار ۱۰/۱ کیلوگرم در درخت دیده شد (جدول ۳). در رابطه با تعداد میوه روی درخت، بالاترین تعداد در رقم اسپادونا و سپس رقم لوئیزبون دیده شد. اما نکته قابل توجه در رابطه با میانگین وزن میوه در کلیه سال‌های پژوهش نشان می‌دهد که رقم لوئیزبون دارای میانگین وزن میوه ۱۵۷/۵ گرم و بیش از میانگین وزن میوه رقم اسپادونا (میانگین وزن ۱۴۸ گرم) بود (جدول ۳). این در حالی است که در شرایط معمول و روی پایه بذری گلابی درگزی، میانگین وزن میوه ۱۷۵ گرم برای گلابی رقم اسپادونا گزارش شده است (Abdollahi *et al.*, 2018).

از سوی دیگر روی پایه‌های بذری، به طور معمول تفاوت در اندازه و میانگین وزن میوه در رقم لوئیزبون زیاد و قسمت قابل توجهی از میوه‌ها در کلاس درجه دو یا سه می‌باشند. وست‌وود و روبرتس (Westwood and Roberts, 1970) نیز ارتباط منطقی بین محل تشکیل و قرارگیری میوه در درخت و اندازه میوه و همچنین رنگ‌گیری آن مشاهده کردند. این موضوع می‌تواند از سایه‌اندازی بیشتر درختان بر روی پایه‌های بذری باشد، به طوری که دریافت نور کمتر سبب نورساخت محدودتر و در نتیجه کاهش اندازه میوه در بخش‌های درونی‌تر تاج درخت می شود.

تجربه میدانی نشان داده است که درختان گلابی روی پایه‌های بذری، به دلیل رشد بیش از حد و در محدوده یک تا ۱/۵ متر به دلیل سرزنی بازوها، دارای رقابت بیش از حد زیادی بین بخش‌های رویشی و زایشی برای جذب مواد غذائی می شوند. در حالی که اطلاعات جدول ۲ نشان می‌دهد که میانگین رشد سالانه ارقام روی پایه پیرودوارف بین ۱۷/۸ سانتی‌متر در رقم بیروت تا حدود ۳۰ سانتی‌متر در رقم درگزی بود و این محدود بودن میزان رشد در مقایسه با باغ‌های تجاری احداث شده روی پایه بذری، می‌تواند به سایه‌اندازی کمتر، گل‌انگیزی

جدول ۳- مقایسه اثر ساده و اثر متقابل سال × رقم بر وزن میوه، تعداد میوه، عملکردمیوه و کارآئی عملکرد ارقام تجاری گلابی پیوند شده روی پایه پیرودوارف در سال‌های ۹۹ -۱۳۹۶

Table 3. Comparison of simple and year × cultivar interaction effects on fruit weight, fruit number, fruit yield and yield efficiency of commercial pear cultivars on the Pyrodwarf rootstock in 2017-2020

	وزن میوه (گرم) Fruit weight (g)	تعداد میوه Fruit number	عملکرد میوه در درخت (کیلوگرم) Fruit yield tree^{-1} (kg)	کارآئی عملکرد (کیلوگرم بر سانتیمتر مربع)[1] Yield efficiency[1] (kg cm^{-2})	کارآئی عملکرد[2] (کیلوگرم بر سانتیمتر مربع) Yield efficiency[2] (kg cm^{-2})
		Year سال			
2017	134.7d	78.3a	11.0b	0.22a	0.29a
2018	170.4c	45.3c	6.5c	0.13b	0.17b
2019	188.3b	59.0b	11.0b	0.04c	0.06c
2020	206.3a	72.6a	14.2a	0.02c	0.04c
		Cultivars رقم			
Louise Bonne	157.5c	63.4a	10.1a	0.09b	0.13b
Spadona	148.0d	77.5a	11.0a	0.12a	0.18a
Dargazi	176.4b	72.4a	12.0a	0.12a	0.15b
Beyrout	217.7a	42.0d	9.6b	0.07b	0.10c
		Year × Cultivars سال × رقم			
2017 × Louise Bonne	132.6b	94.0b	14.9a	0.24b	0.30b
2017 × Spadona	113.0c	93.6b	10.3b	0.25b	0.39a
2017 × Dargazi	146.6a	106.7a	15.7a	0.31a	0.37a
2017 × Beyrout	146.6a	19.2c	3.0c	0.07c	0.08c
2018 × Louise Bonne	178.4b	29.4d	5.2b	0.09a	0.12c
2018 × Spadona	127.2c	66.0a	8.0a	0.17a	0.23a
2018 × Dargazi	187.0a	48.0b	7.4a	0.11a	0.14c
2018 × Beyrout	188.1a	37.0c	5.4b	0.14a	0.18b
2019 × Louise Bonne	165.8c	53.1c	9.4a	0.03a	0.05b
2019 × Spadona	159.7d	72.1a	11.5a	0.04a	0.05b
2019 × Dargazi	186.3b	61.0b	11.6a	0.03a	0.05b
2019 × Beyrout	241.5a	49.6d	11.5a	0.05a	0.08a
2020 × Louise Bonne	153.3d	76.4a	11.0c	0.02a	0.03b
2020 × Spadona	192.3b	77.8a	14.3b	0.03a	0.03b
2020 × Dargazi	184.6c	74.1a	13.4bc	0.02a	0.02b
2020 × Beyrout	295.0a	62.2a	18.4a	0.03a	0.06a

میانگین‌هایی، در هر ستون و برای هر عامل، که دارای حروف مشابه می باشند براساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی دار ندارند.

Means, in each column and for each factor, followed by similar letter are not significantly different at the 1% probability level-using Duncan’s Multiple Range Test.

1. Yield efficiency per unit of rootstock cross section area

2. Yield efficiency per unit of trunk cross section area

۱- کارآیی عملکرد به ازای واحد سطح مقطع پایه

۲- کارآیی عملکرد به ازای واحد سطح مقطع تنه

یکنواخت تر و متراکم‌تر (شکل ۲) و در نهایت اندازه مطلوبتر و یکنواخت‌تر میوه منجر شود.

بر این اساس، میانگین وزن میوه های ۱۵۷/۵ گرم برای رقم لوئیزبون روی پایه پیرودوارف (جدول ۳) بیانگر این است که کلیه میوه تولیدی در این رقم در کلاس درجه یک بود. تجربه میدانی و رضایت تولید کنندگان از یکنواختی اندازه میوه رقم لوئیزبون نیز تایید کننده این موضوع می‌باشد. این خصوصیت رقم لوئیزبون روی پایه پیرودوارف همراه با میانگین عملکرد باغ‌های سنتی گلابی در محدوده ۵ تا ۱۰ تن در هکتار و استفاده از ارقامی با اندازه و زمان بسیار متفاوت در رسیدن (نظیر رقم شاه میوه) بیانگر برتری عملکرد میوه، کیفیت و در نهایت اقتصادی این رقم در مقایسه با ارقام قدیمی گلابی برای احداث باغ‌های جدید گلابی است. میانگین وزن میوه در رقم درگزی در کلیه سال‌های پژوهش برابر ۱۷۶/۴ گرم بود که در محدوده میانگین وزن میوه این رقم بود (جدول ۳). با افزایش سن درختان، شاخص‌های میانگین وزن میوه، تعداد میوه در درخت و عملکرد میوه در درخت نیز افزایش نشان داد که روند افزایش آن از سالی به سال دیگر در طی چهار سال پژوهش تا اندازه‌ای متفاوت بود (جدول ۳).

بررسی شاخص کارآئی عملکرد بر اساس شاخص عملکرد میوه به ازاء سطح مقطع پایه و تنه به صورت یکنواختی نشان داد که بالاترین عملکرد به ازاء سطح مقطع پایه در دو رقم درگزی و اسپادونا به میزان ۰/۱۲ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع پایه در محل ۱۰ سانتی متر زیر پیوند و ۰/۱۸ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع تنه در محل ۱۰ سانتی متر بالای پیوند برای رقم اسپادونا بود (جدول ۳). این شاخص برای رقم درگزی، در رابطه با عملکرد به ازاء سطح مقطع تنه، اندکی کمتر از رقم اسپادونا و به میزان ۰/۱۵ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع تنه بود. هر دو شاخص عملکرد به ازاء سطح مقطع پایه و تنه برای رقم لوئیزبون از دو رقم درگزی و اسپادونا تا حدودی کمتر و بیش از رقم بیروت بود (جدول ۳).

نکته قابل توجه در نتایج جدول ۳ این است که با افزایش سن درختان از چهار به هشت سال، شاخص عملکرد به ازاء سطح مقطع پایه و تنه هر دو با روند یکنواخت و مشابهی کاهش پیدا کرد. این شیب کاهشی در بین سال‌های مختلف نیز یکنواخت و مشهود بود، به طوری که شاخص عملکرد به ازاء سطح مقطع پایه و تنه در سال ۱۳۹۶ که در اغلب ارقام بیش از ۰/۲ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع پایه و یا تنه بود، در دو سال آخر پژوهش به حدود ۰/۰۵ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع پایه و یا تنه و یا کمتر کاهش یافت. این تفاوت در شاخص کارآئی عملکرد بر اساس معیار عملکرد به ازاء سطح مقطع پایه و تنه در دیگر تحقیقات انجام شده داخلی و خارجی (Ikinci *et al*., 2014; Mészáros *et al*., 2019; Abdollahi and Hassani, 2021; Pasa *et al*., 2021) در رابطه

با پایه‌های مختلف گلابی نظیر پایه‌های مختلف همگروه سری OH×F و پایه کوئینس BA29 و همچنین ارقام مختلف پیوندی روی این پایه‌ها نظیر ارقام سانتاماریا و روکا و روی ارقام درگزی، اسپادونا، لوئیزبون و سوپرالیوت مقایسه و گزارش شده است (Abdollahi and Hassani, 2021).

در مطالعه آخر، بالاترین شاخص عملکرد به ازاء سطح مقطع پایه و تنه در رقم درگزی و اسپادونا مشاهده شد که ضمن انطباق با نتایج پژوهش حاضر مشخص شد که شاخص عملکرد به ازاء سطح مقطع پایه و تنه برای رقم درگزی بر روی پایه OH×F87 به میزان قابل توجهی بالاتر از رقم اسپادونا و لوئیزبون بود. این نتایج نشان می‌دهد که علاوه بر پایه پیرودوارف به عنوان یک پایه کوتاه کننده مطلوب برای گلابی، لازم است سایر انواع پایه‌های همگروه و بویژه پایه OH×F87 مورد توجه قرار گرفته و به صورت پایلوت در سطوح محدودی و به صورت تجاری در مناطق گلابی خیز کشور نیز مورد استفاده قرار گیرد. این در حالی است که بر اساس یافته‌های قبلی، پایه OH×F69 به دلیل حساسیت به آهک فعال (Esmaeili *et al*., 2019) و پایه OH×F40 به دلیل حساسیت به آتشک و تنش خشکی (Azarabadi *et al*., 2014; Azarabadi *et al*., 2016; Zohuri *et al*., 2020) در شرایط اقلیمی و خاکی مناطق گلابی خیز ایران غیرقابل استفاده و توسعه می‌باشند.

علاوه بر تفاوت بین ارقام و تاثیر پایه در رابطه با کارآئی عملکرد بر اساس شاخص عملکرد به ازاء سطح مقطع پایه و تنه، افزایش سایه‌اندازی تاج درخت با افزایش سن درخت که به نحو بسیار موثری بر روی اسپورزائی و همچنین گل‌انگیزی در اسپورهای داخل تاج در درختان میوه مختلف و همچنین اندازه میوه (Westwood and Roberts, 1970) موثر است، دیگر عاملی است که می‌تواند سبب کاهش کارآئی عملکرد به ازاء سطح مقطع پایه و تنه با افزایش سن درخت شود. این موضوع در رابطه با ارزیابی شاخص‌های حجم درخت به دو صورت کروی و بیضوی و بررسی شاخص‌های باردهی و عملکردی به ازاء حجم درخت به نحو کامل‌تر و گسترده‌تری مورد بررسی و بحث قرار می گیرد.

شاخص‌های حجم تاج و عملکرد به ازاء حجم تاج

حجم تاج درخت با افزایش سن درخت و افزایش ارتفاع کل درخت و تاج و گسترش عرضی تاج (جدول ۲)، بر اساس هر دو شاخص ارزیابی تاج به صورت کروی و بیضوی، افزایش نشان داد و میانگین حجم تاج هر درخت در سال ۱۳۹۶ از ۱/۱ متر مکعب در فرم کروی و سه متر مکعب در فرم بیضوی به ۵/۲ متر مکعب در سال ۱۳۹۹ در فرم کروی و ۷/۵ متر مکعب در فرم بیضوی افزایش یافت (جدول ۴). در مرحله اول، مقایسه این دو نوع ارزیابی نشان می‌دهد که فرم بیضوی شاخص دقیق‌تر

جدول ۴- مقایسه اثر ساده واثر متقابل سال × رقم بر میانگین حجم تاج و عملکرد به ازاء واحد حجم تاج در دو فرم تاج کروی و بیضوی در ارقام تجاری گلابی پیوند شده روی پایه پیرودوارف در سال‌های ۹۹ – ۱۳۹۶

Table 4. Comparison of simple and year × cultivar interaction effects on the canopy volume and yield per unit of canopy volume according to the rounded and oval canopy forms in commercial pear cultivars on the Pyrodwarf rootstock in 2017-2020

	حجم تاج (متر مکعب) Canopy volume (m^3) ($4/3(\pi r^3)$)	حجم تاج (متر مکعب) Canopy volume (m^3) ($4/3(\pi hr^2)$)	تعداد میوه/ حجم تاج (مقدار در متر مکعب) Fruit no/canopy volume (No. m^{-3}) ($4/3(\pi r^3)$)	تعداد میوه/حجم تاج (مقدار در متر مکعب) Fruit no/canopy volume (No. m^{-3}) ($4/3(\pi hr^2)$)	عملکرد/ حجم تاج (کیلوگرم در مترمکعب)[1] [1]Yield/canopy volume (Kg m^{-3}) ($4/3(\pi r^3)$)	عملکرد/ حجم تاج (کیلوگرم در مترمکعب)[2] [2]Yield/canopy volume(Kg m^{-3}) ($4/3(\pi hr^2)$)
			Year سال			
2017	1.1c	3.0d	117.1b	35.5a	13.1a	4.6ab
2018	1.5c	4.1c	63.8a	20.8b	7.9b	6.5a
2019	2.7b	5.4b	49.5c	18.6b	8.8b	3.5b
2020	5.2a	7.5a	23.9d	15.9b	5.3c	3.3b
			Cultivars رقم			
Louise Bonne	1.7b	3.2b	91.8b	31.6a	10.5b	7.5a
Spadona	3.2a	6.5a	62.1a	22.0b	6.5b	3.4c
Dargazi	3.7a	7.4a	37.7d	12.9c	5.7b	2.0d
Beyrout	1.7b	2.9b	61.8c	23.4b	12.4a	5.0b
			Year × Cultivars سال × رقم			
2017 × Louise Bonne	0.6b	1.7b	193.6a	64.0a	22.1a	8.2a
2017 × Spadona	1.6a	4.2a	111.4b	31.7b	9.0b	3.8b
2017 × Dargazi	1.8a	5.0a	89.5c	26.3bc	10.7b	3.5b
2017 × Beyrout	0.3b	0.9b	74.1c	20.0c	10.5b	2.9b
2018 × Louise Bonne	0.9b	2.4b	80.5a	23.1b	10.5a	16.9a
2018 × Spadona	2.2a	5.8a	65.0b	18.5b	4.3b	2.5c
2018 × Dargazi	2.4a	6.8a	26.1c	7.7c	4.0b	1.2c
2018 × Beyrout	0.4b	1.2b	82.6a	31.9a	12.7a	5.5b
2019 × Louise Bonne	1.8b	3.6b	67.8a	23.6a	6.0c	2.8b
2019 × Spadona	3.2a	6.6a	56.2b	20.1a	9.0b	3.2b
2019 × Dargazi	4.0a	8.2a	19.1c	8.3b	3.7c	1.6b
2019 × Beyrout	1.6b	3.2b	53.0b	22.4a	16.6a	6.4a
2020 × Louise Bonne	3.6b	5.2c	23.2b	14.9b	3.4b	2.2b
2020 × Spadona	5.8a	9.2a	18.9c	20.5a	3.7b	4.0a
2020 × Dargazi	6.6a	9.6a	16.2c	9.4c	4.3b	1.6b
2020 × Beyrout	4.7b	6.3b	37.4a	19.0b	9.9a	5.2a

میانگین‌هایی، در هر ستون و برای هر عامل، که دارای حروف مشابه می باشند براساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی دار ندارند.

Means, in each column and for each factor, followed by similar letter are not significantly different at the 1% probability level-using Duncan's Multiple Range Test.

1. Yield per unit of canopy volume based on Vernière *et al*. (2004)

2. Yield per unit of canopy volume based on Westwood (1993)

۱- عملکرد بر واحد حجم تاج براساس روش ورنیر و همکاران (Vernière *et al*., 2004)

۲- عملکرد بر واحد حجم تاج براساس روش وست وود (Westwood, 1993)

و قابل اعتمادتر و همچنین نزدیک‌تر به واقعیت از حجم تاج درخت در سال چهارم پس از کاشت ارائه داد (شکل ۱).

بر اساس این نتایج، بیشترین حجم تاج درخت در دو رقم پررشد درگزی و اسپادونا و سپس لوئیزبون و بیروت دیده شد (شکل۳) و حجم تاج درخت به صورت پیوسته در طول سال‌های پژوهش افزایش تدریجی داشت بطوریکه که در رقم پررشد درگزی از حدود پنج متر مکعب به ۹/۶ متر مکعب در فرم بیضوی افزایش یافت. رفتار رقم اسپادونا تقریباً مشابه رقم درگزی بود و در رقم کم‌رشدتر لوئیزبون نیز از حدود ۱/۷ متر مکعب به ۶/۲ متر مکعب در فرم بیضوی افزایش یافت که نشان می‌دهد حجم تاج درخت در رقم‌های پررشد درگزی و اسپادونا تقریباً دو برابر رقم کم‌رشد لوئیزبون بود (جدول ۴). همچنین با توجه به حجم تاج درخت محدودتر محاسبه شده بر اساس روش ورنیر و همکاران (Vernière *et al.*, 2004)، تراکم میوه در واحد مترمکعب تاج درخت بیش از حد طبیعی و در فرم بیضوی در محدوده طبیعی ۳۵/۵ تا ۱۵/۹ میوه به ازاء واحد مترمکعب تاج درخت در چهار سال بود (جدول ۴).

با توجه به حجم بزرگ‌تر تاج در دو رقم درگزی و اسپادونا (شکل ۳)، کمترین میزان دو شاخص تعداد میوه به ازاء واحد مترمکعب تاج درخت در این دو رقم مشاهده شد و در رقم لوئیزبون در تاج فرم بیضوی این شاخص بالاتر از سایر ارقام بود. این نتیجه با مشاهدات در



شکل ۳- مقایسه حجم تاج درخت ارقام گلابی در سال ۱۳۹۷ (درختان شش ساله) روی پایه پیرودوارف. ارقام به ترتیب شامل بیروت (A)، لوئیزبون (B)، درگزی (C) و اسپادونا (D) بوده و درختان از چپ به راست، در شرایط مشابه، از تاج بزرگ‌تری برخوردار می‌باشند

Fig. 3. Comparison of the canopy volume in pear cultivars in 2018 (six years old trees) on Pyrodwarf rootstock. The cultivars are: Beyrout (A), Louise Bonne (B), Dargazi (C) and Spadona (D), and from left to right the trees has higher canopy volumes in similar conditions

باغ‌های تجاری احداث شده روی پایه پیرودوارف مطابقت داشت، بطوریکه علی‌رغم ابعاد کوچک‌تر تاج درخت در مقایسه با رقم درگزی و یا اسپادونا، رقم لوئیزبون نظر به تراکم بیشتر میوه در واحد حجم تاج، پربارتر و مطلوب‌تر از دو رقم دیگر بود. رفتار شاخص عملکرد به ازاء واحد حجم تاج درخت در ارقام مختلف نیز شبیه به تراکم میوه در واحد حجم تاج بود که تایید کننده رشد رویشی بیشتر دو رقم درگزی و یا اسپادونا و باردهی کمتر این دو رقم در واحد حجم تاج در مقایسه با ارقام لوئیزبون و بیروت بود (جدول ۴).

نکته قابل توجه و مهم در این شاخص‌ها نیز کاهش تدریجی و یکنواخت هر دو شاخص تعداد میوه و عملکرد میوه به ازاء واحد حجم تاج درخت در کلیه ارقام مورد بررسی از سال ۱۳۹۶ تا ۱۳۹۹ بود. این روند کاهشی در شاخص‌های تعداد میوه و عملکرد میوه به ازاء واحد حجم تاج درخت با افزایش سن درختان، با کاهش کارآئی عملکرد که قبلاً مورد بحث قرار گرفت مطابقت دارد (جدول ۴). در بررسی‌های قبلی روی کارآئی عملکرد توسط مساروز و همکارن (Mészáros *et al*., 2019) کارآئی عملکرد متفاوت بین پایه‌های مختلف همگروه سری OH×F به صورت تجمعی مورد ارزیابی و گزارش شده است. همچنین عبداللهی و حسنی (Abdollahi and Hassani, 2021) کارآئی عملکرد را صرفاً در سال آغاز باردهی ارقام گلابی روی پایه‌های پیرودوارف و OH×F87 مقایسه کردند.

بر این اساس مشاهده می‌شود که با توجه به تغییرات سالانه عملکرد میوه، در بیشتر بررسی‌ها، شاخص‌های کارآئی عملکرد در سال‌های پژوهش به صورت تجمعی مد نظر بود. از سوی دیگر، بررسی سالانه کارآئی عملکرد و همچنین شاخص‌های تعداد میوه و عملکرد به ازاء واحد حجم تاج درخت نشان داد که در ارقام گلابی روی پایه پیرودوارف، علی‌رغم افزایش میزان عملکرد میوه کل، این شاخص‌ها رو به کاهش بود و بالاترین میزان آنها در سال‌های شروع به باردهی این درختان دیده شد. چنین رفتاری بیان کننده این است که کاهش کارآئی عملکرد و همچنین شاخص‌های تعداد میوه و عملکرد میوه به ازاء واحد حجم تاج درخت به دلیل افزایش حجم تاج، افزایش سایه‌اندازی و کاهش اسپورزائی، گل انگیزی و تولید میوه در نواحی داخلی تاج بود.

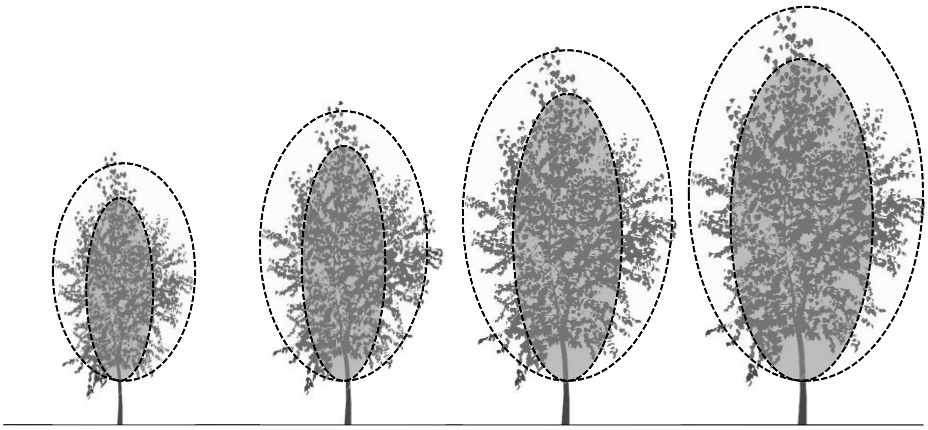
لازم به ذکر است که این کاهش در شاخص‌های فوق، علی‌رغم استفاده از سیستم تربیت محور مرکزی تغییر یافته و اجازه به نفوذ نور در بخش‌های مختلف تاج و جلوگیری از رشد نرک‌های بیش از حد در این سیستم، مشاهده شد. در حالی که در شرایط معمول پرورش درختان میوه در کشور، استفاده از فرم تربیت قدیمی جامی، همراه با سرزنی بازوها، سبب رشد بیش از حد تعداد زیادی نرک در بخش‌های فوقانی تاج، رقابت شدید بین بخش‌های رویشی و زایشی برای آب و مواد

غـذائی و در نهایـت برتـری رشـد رویشـی بـه زایشـی، سـایه انـدازی شـدید در بخـش قابـل تـوجهی از تـاج و در نهایـت کـاهش چشمگیر عملکرد و شاخص‌های وابسته به آن در درختان گلابی و دیگر درختان میوه دانه‌دار از جمله سیب، بـویژه روی پایـه‌هـای بـذری، می شود.

کـاهش شـاخص‌هـای کـارآئی عملکـرد مبتنی بر سطح مقطع تنه و حجم تـاج درخـت نشان‌دهنده طرح شماتیک ارائه شده در شکل ۴ اسـت. بطوریکـه در سـال ۱۳۹۶ در حـالی کـه درختان در سال‌های ابتـدائی بـاردهی بودنـد، بـه دلیل حجم تاج محدود هر درخت که بین ۰/۹ تا یک مترمکعب بود، تنها بخش محدودی از تـاج در سایه قرار گرفت و این امر منجـر بـه بـاردهی یکنواخت در همه تاج و بالا بودن شـاخص‌هـای کـارآئی عملکـرد و همچنـین تعـداد میـوه و عملکرد به ازاء واحد حجم تاج شد. بـا افـزایش سـن درختـان و علـی‌رغـم فـرم تربیـت محـور مرکـزی تغییـر یافتـه، حجـم تـاج واقع در سـایه نسبت به بخش آفتـابگیر افـزایش یافـت و سـبب کـاهش تـدریجی کـارآئی عملکـرد و همچنـین تعداد میوه و عملکرد به ازاء واحد حجم تاج شد (شکل ۴). این رفتار درختان گلابـی بـا افـزایش سن نشان می‌دهد که علی‌رغم افزایش عملکـرد میوه درختان، کارآئی آنها بـه عنـوان واحـدهای تولید میوه کاهش می‌یابد.

بنابراین در کشورهای پیشرو در زمینـه تولیـد میـوه‌هـای معتدلـه و سردسیری، تحلیـل شـرایط کاهش کارآئی عملکرد و عملکرد به ازاء واحد حجم تـاج درخـت منجـر بـه توسـعه روش‌هـای جدید پرورش درختان گلابی بر اساس رویکـرد اسـتفاده از پایـه‌هـای بسـیارپاکوتاه نظیـر پایـه کوئینس C و یا استفاد از دو محـور مرکـزی بـه صـورت پیونـد دو گانـه در دو سـمت شـرقی و غربـی درخـت در فـرم بیبـائوم (Bibaum®) (Abdollahi, 2010) و باز کـردن هرچـه بیشـتر تاج درخت بـه منظـور نفـوذ هرچـه بیشـتر نـور، همچنـین توسـعه سیسـتم‌هـای روسـیمی و علـی‌الخصـوص سیسـتم‌هـای فرمـدهی تـاتورا ترلیس (Tatura Trellis) شده است.

بنابراین تغییر سیستم پرورش سنتی گلابـی از باغ‌های بذری پابلند به سیستم‌هـای نیمـه‌متـراکم جدیـدتر روی پایـه‌هـای پربـازده‌تـری نظیـر پیردودارف برای نواحی خشک و نیمه خشک و پایه‌های کوئینس A و BA29 برای خـاک‌هـای مناطق حاصلخیز استان‌های مازنـدران و گلسـتان کـه فاقـد آهـک فعـال بـیش از حـد مـی‌باشـند، لازم اسـت اصـلاح و یـا توسـعه پایـه‌هـای پاکوتاه‌کننده‌تری در اندازه رشـدی کـوئینس C مد نظـر قـرار گیـرد. عـلاوه بـر ایـن، لازم اسـت امکان استفاده از فرم‌های تربیـت تـاتورا تـرلیس همراه با سایه‌بان به منظور افزایش عملکرد میوه، کاهش مصـرف آب و بهینـه نمـودن بهـره وری مصـرف آب در تولیـد گلابـی و در نهایـت افـزایش کیفیـت محصـول تولیـدی از نظـر فنـی و همچنـین اقتصـادی مـورد ارزیـابی و بررسـی قرار گیرد.



	2017	2018	2019	2020
≈% Canopy in shade	30	40	50	60
≈% Canopy in light	70	60	50	40

شکل ۴- طرح شماتیک کاهش شاخص‌های کارآئی عملکرد درخت گلابی به دلیل افزایش درصد تاج دارای سایه و عدم باردهی و یا کم باردهی تاج در بخش‌های سایه. بخش‌های بیرونی روشن نشان دهنده بخش‌های تاج با نورگیری بالا و بخش‌های درونی تیره نشان‌دهنده بخش‌های تاج با نورگیری پایین و درنتیجه تولید میوه کم می‌باشد.

Fig. 4. Schematic of reduction of yield efficiency indices of pear trees due to increasing percentage of canopy in shade and no/or low fruiting of canopy in shaded parts. Outer light parts indicate the canopy section with high light interception and the inner dark parts demonstrate the canopy section with low light interception and low bearing, accordingly.

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که هر چهار رقم گلابی مورد مطالعه شامل رقم لوئیزبون، به عنوان اصلی‌ترین رقم تجاری گلابی ایران، رقم درگزی، رقم اسپادونا و رقم بیروت روی پایه پیرودوارف هم از نظر تطابق پیوند و هم از نظر باردهی سازگار می‌باشند. درختان ارقام گلابی مورد مطالعه در سال هشتم که به ثبات نسبی ارتفاع رسیده بوند، دارای ارتفاع تقریبی ۳ تا ۴ متر بودند که موید نیمه‌پاکوتاه‌کنندگی پایه پیرودوارف در ترکیب با هر چهار رقم پیوندی بود. بالاترین عملکرد میوه در درخت به ترتیب در سه رقم درگزی، لوئیزبون و اسپادونا مشاهده شد، لیکن بالاترین کارآئی عملکرد بر واحد سطح مقطع تنه در دو رقم درگزی و اسپادونا و بالاترین عملکرد بر واحد حجم تاج درخت در رقم لوئیزبون مشاهده شد. با توجه به کارآئی عملکرد بر سطح مقطع تنه و عملکرد بر واحد حجم تاج درخت و همچنین حساسیت نسبی رقم اسپادونا به بیماری آتشک در برخی سال‌ها، دو رقم لوئیزبون و درگزی بیش از دو رقم اسپادونا و بیروت (متفاوت از رقم بیروتی) برای

پیوند و کاشت به عنوان ارقام اصلی و گـردەزا و تولید عملکرد میوه بیشـتر و بهـرەوری اقتصـادی مطلوب توصیه می شود.

از سوی دیگر مشاهده شد که بـا افـزایش سـن درختان عملکـرد میـوه در درخـت در کلیـه ارقـام افزایش یافت، لیکن شاخص‌های کارآئی عملکرد بـه ازای سـطح مقطـع تنـه و یـا واحـد حجـم تـاج درخت کاهش نشان دادند که دلیل اصلی ایـن امـر می‌تواند افزایش درصد حجم تاج درخت در سایه به دلیل عرض گسترش تاج باشد. این نتیجه بیـانگر اهمیت اصلاح و استفاده از پایه‌های بسـیار پاکوتـاه کننده برای کسب حداکثر بهـره‌وری در بـاغ‌هـای گلابـی کشـور مـی باشـد و همچنـین اسـتفاده از سیستم‌های تربیت دارای دو محور و یا سیستم‌هـای تاتورا ترلیس برای جـایگزینی بـه عنـوان پایـه‌هـای بســیار پاکوتــاه کننــده، در شــرایط خــاک کم حاصلخیز، مناطق گلابی‌خیز کشور بـه غیـر از استان‌های شمالی باشد.

سپاسگزاری

ایـن پـژوهش بـا حمایـت مـالی سـازمان تحقیقـات، آمـوزش و تـرویج کشـاورزی و در قالب پـروژه مصـوب پژوهشـکده میـوه‌هـای معتدلـــه و سردســـیری موسســـه تحقیقـــات علوم باغبانی با عنـوان بررسـی سـازگاری ارقـام مختلـف گلابـی روی پایـه نیمـه پاکوتـاه‌کننـده پیـرودوارف (Pyrodwarf) و شـماره مصـوب ۹۷۰۳۵۲-۰۴۰-۳۳-۷۲-۲ انجام شد. نگارنده از زحمات آقای دکتـر داریـوش آتشـکار، رئـیس وقت ایستگاه تحقیقات باغبانی کمالشـهر کـرج، در رابطـه بـا فـراهم کـردن امکانـات لازم، و همچنـین همکـاری آقـای مصـطفی محمـدی گرمارودی، در رابطه بـا نگهـداری و مراقبـت از درختان، سپاسگزاری می کند.

References

Abdollahi, H. 2010. Pear: botany, cultivars and rootstocks. Iranian Agricultural Ministry Publications, Tehran, Iran. 210 pp. (in Persian).

Abdollahi, H., and Hassani, H. 2021. Vegetative characteristics and early bearing of some fire blight tolerant European pear cultivars on semi-dwarfing Pyrodwarf® and OH×F87TM rootstocks. Seed and Plant Journal 37: 41-62.

Abdollahi, H., and Mohammadi Gramaroudi, M. 2019. Evaluation of growth and bearing of several commercial pear (*Pyrus communis*) cultivars on semi-dwarfing Pyrodwarf rootstock. Plant Production Technology 10: 179-190 (in Persian).

Abdollahi, H., Atashkar, D., and Alizadeh, A. 2012. Comparison of dwarfing effects of two hawthorn and quince rootstocks on several commercial pear cultivars. Iranian Journal of Horticultural Science 43: 53-63 (in Persian).

Abdollahi, H., Mohammadi, M., Atashkar, D., and Alizadeh, A. 2018. Comparison of growth and yield of some commercial pear cultivars on two dwarf hawthorn (*Crataegus atrosanguinea*) and quince A rootstocks. Seed and Plant Production Journal 34-2: 1-21 (in Persian).

Abdollahi, H., Muleo, R., and Rugini, E. 2006. Optimization of regeneration and maintenance of morphogenic callus in pear (*Pyrus communis* L.) by simple and double regeneration techniques. Scientia Horticulturae 108: 352-358.

Ahmadi, K., Ebadzadeh, H. R., Hatami, F., Hosseinpour, R., and Abdshah, H. 2019. Statistical yearbook of agriculture 2018. Volume III: Horticultural crops. Information and Communications Technology Center. Deputy for Planning and Economy. Ministry of Jehad-e-Agricultural. Tehran, Iran. 166 pp.

Ardestanirostami, H., Sheikhigarjanm A., Arbab A., and Javadzade, M. 2016-2017. Control of pear psylla, *Cacopsylla pyricola*, by trunk injection of azadirachtin and complete fertilizer. Iranian Journal of Plant Protection Science 47: 253-261 (in Persian).

Azarabadi, S. R., Abdollahi, H., and Torabi, M. 2014. Resistance of new semi-dwarfing pear rootstocks to fire blight *in vitro* and greenhouse conditions. Seed and Plant Journal 30-1: 227-242 (in Persian).

Azarabadi, S., Abdollahi, H., Torabi, M., Salehi, Z., and Nasiri, J. 2016. ROS generation, oxidative burst and dynamic expression profiles of ROS-scavenging enzymes of superoxide dismutase (SOD), catalase (CAT) and ascorbate peroxidase (APX) in response to *Erwinia amylovora* in pear (*Pyrus communis* L). European Journal of Plant Pathology 147: 279-294.

Bell, R. L. 1991. Pears (*Pyrus*). Acta Horticulturae 290: 657-700.

Campbell, J. 2003. Pear rootstocks. AGFACTS. New South Wales Agriculture. Australia. 13 pp.

Davoodee, A., Majidi, E., Rahimian, H., and Valizadeh, M. 2005. Study of fire blight severity in some pear cultivars with USDA standard system. Journal of Water and Soil Science (Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources) 9 (2): 169-182 (in Persian).

Erfani, J., Ebadi, A., Abdollahi, H., Fatahi Moghadam, M. R., and Arzani, K. 2012. Evaluation of fire blight resistance and the related markers in some European and Asian pear cultivars. Seed and Plant Journal 29-1: 659-672 (in Persian).

Esmaeili, A., Abdollahi H., Bazgir, M., and Abdossi V. 2019. Effect of lime concentration on pear's rootstock/scion combinations. Horticultural Science (Prague) 46: 123–131.

FAO. 2019. Food and Agricultural Organization Statistical Yearbook. World Food and Agriculture. Publication of Food and Agricultural Organization, Rome, Italy.

Gerjan Brouwer D., and Adri Streef, D., 2017. Bio zoekt boer, bio zoekt keten; bio zoekt boer en bio zoekt keten zijn gezamenlijke initiatieven van boerenbond, abs en bio forum en worden financieel ondersteund door de vlaamse o verheid. Delphy Publishing, Wageningen, The Netherlands. 85 pp. (in Dutch).

Ghasemi, A. A., Nassiri, J., and Yahyaabadi, M. 2011. Study of the relative tolerance of quince (*Cydonia oblonga* Mill.) rootstocks to different bicarbonate concentrations. Seed and Plant Journal 31-1: 265-278 (in Persian).

Hadad, M. M., Jafarpur, M. and Ghasemi, A. A. 2015. Study of vegetative and generative growth characteristics of pear Shahmiveh on 6 rootstocks in Isfahan. pp. 1-6. In: Proceedings of the 9th Horticultural Congress of Iran. 21-24 January 2015. Ahvaz, Iran. (in Persian).

Ikinci, A., Bolat, I., Ercisli, S., and Kodad, O. 2014. Influence of rootstocks on growth, yield, fruit quality and leaf mineral element contents of pear cv. Santa Maria in semi-arid conditions. Biological Research 47: 1-8.

Jackson, J. E. 2003. Biology of apples and pears. Cambridge University Press. New York, USA. 501 pp.

Jacob, H. B. 1998. Pyrodwarf, a new clonal rootstock for high density pear orchards. Acta Horticulturae 475: 169-178.

Khodaee Chegenee, F., Abdollahi, H., Ershadee, A., and Esna Ashari, M. 2011. Determination of micro-propagation protocol for OH×F333 and OH×F69 pear clonal rootstocks. Seed and Plant Journal 27-2: 297-312 (in Persian).

Mansuryar, M., Erfani Moghadam, J., Abdollahi H., and Salami, S. A. R. 2016. Optimization of in vitro micropropagation protocol for some vigorous rootstocks of pear. Iranian Journal of Horticultural Science 47: 361-370. (in Persian).

Mansuryar, M., Abdollahi H., Erfani Moghadam, J., Mirabdulbaghi, M., and Salami, S. A. R. 2017a. Effects of ammonium nitrate and calcium chloride salts on proliferation and improvement of in vitro shootlets quality of vigorous pear rootstocks. Seed and Plant Journal 33-2: 249-266. (in Persian).

Mansuryar, M., Abdollahi H., Erfani Moghadam, J., and Salami, S. A. R. 2017b. Study of antioxidant enzymes activity and morphological changes in some vigorous pears inoculated with cause of fire blight disease (*Erwinia amylovora*) in vitro conditions. Iranian Journal of Horticultural Science and Technology 18: 81-88 (in Persian).

Mészáros, M., Laňar, L., Kosina, J., and Náměstek, J. 2019. Aspects influencing the rootstock-scion performance during long term evaluation in pear orchard. HortScience (Prague) 46: 1-8.

Mirabdulbaghi, M. 2020. Leaf nutrient status of some grafted-pear rootstocks influenced by different soil types. Spanish Journal of Agricultural Research 18: 1-7.

Nikzad Gharehaghaji, A., Arzani, K., Abdollahi, H., Shojaeian, A., Dondini, L., and De Franceschi, P. 2014. Genomic characterization of self-incompatibility ribonucleases in the Central Asian pear germplasm and introgression of new alleles from other species of the genus Pyrus. Tree Genetics and Genomics 10: 411-428.

Nourmohammadi, N., Abdollahi, H., Moeini, A., and Roohalamin, E. 2015. Effects of growth media and Fe source on micropropagation and rooting of semi-dwarf pear rootstocks, Pyrodwarf and OH×F87. Seed and Plant Improvement Journal 31: 265-278 (in Persian).

Pasa, M. S., Brighenti, A. F., Ciotta, M. N. and Carra, B. 2021. Performance of 'Rocha' pears on three rootstocks planted in high-density. Acta Horticulturae 1303: 205-210.

Tatari M., Ghasemi A., and Rezaei M. 2016. Evaluation of vegetative and reproductive traits of some commercial pear cultivars on quince clonal rootstocks in Isfahan climatical conditions. Seed and Plant Production Journal 32-2: 45-62 (in Persian).

Tukey, H. B. 1964. Dwarfed fruit trees. Cornell University Press. Ithaca, USA. 562 pp.

Vernière, C., Perrier, X., Dubois, C., Dubois, A., Botella, L., Chabrier, C., Bové, J. M., and Duran Vila, N. 2004. Citrus viroids: symptom expression and effect on vegetative growth and yield of clementine trees grafted on trifoliate orange. Plant Disease 88: 1189-1197.

Westwood, M. N. 1993. Temperate zone pomology: Physiology and culture. Timber Press. Portland, Oregon, USA. 523 pp.

Westwood, M. N., and Roberts, A. N. 1970. The relationship between trunk cross-

sectional area and weight of apple trees. Journal of the American Society for Horticultural Science 95: 28-30.

Zeratgar H., Davarinejad G. H., and Abdollahi, H. 2012. Determination of suitable pollinizer for some Iranian native pear cultivars. Seed and Plant Journal 28-2: 435-448 (in Persian).

Zohuri, M., Abdollahi, H., Arji, I., and Abdossi, V. 2020. Variations in growth and photosynthetic parameters of some clonal semi-dwarfing and vigorous seedling pear (*Pyrus* spp.) rootstocks in response to deficit irrigation. Acta Scientiarum Polonorum Hortorum 19: 105-121.